

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО Государственный аграрный университет Северного Зауралья
Инженерно-технологический институт
Кафедра Технических систем в АПК

«Утверждаю»
И.о. заведующего кафедрой

А.В.Ставицкий
«27» Февраля 2025г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Моделирование технологических процессов в агроинженерии

для группы научных специальностей 4.3. Агроинженерия и пищевые технологии
научная специальность 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для
агропромышленного комплекса

Уровень высшего образования - подготовка кадров высшей квалификации

Форма обучения: *очная*

Тюмень, 2025

При разработке рабочей программы учебной дисциплины (модуля) в основу положены:

1) Федеральные государственные требования к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиями их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов), утвержденные Министерством науки и высшего образования РФ от «20» октября 2021 г. № 951.

2) Учебный план основной образовательной программы научная специальность 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса, одобрен Ученым советом ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья от «27» февраля 2025 г. Протокол №9.

Рабочая программа учебной дисциплины (модуля) одобрена на заседании кафедры Технических систем в АПК от «17» февраля 2025 г. Протокол № 5.

И.о.заведующего кафедрой



А.В.Ставицкий

Рабочая программа учебной дисциплины (модуля) одобрена методической комиссией института от «27» февраля 2025г. Протокол № 6

Председатель методической комиссии института



С.М. Каюгина

Разработчики:

Ставицкий А.В., доцент кафедры технических систем в АПК, к.т.н.

Устинов Н.Н. директор ИТИ, к.т.н.

Директор института:



Н.Н. Устинов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

3) Код результата	Результаты освоения	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
Р-7	Способность планировать и проводить эксперименты, обрабатывать и анализировать результаты	Знать: методы и приёмы активного планирования экспериментальных исследований Уметь: использовать способы и средства получения, хранения, переработки информации; анализировать результаты исследований. Владеть: методами, программными и техническими средствами совершенствования теории, технологии и технических средств механизации сельского хозяйства
Р-11	Способность и умение применять знания современных методов исследований	Знать: методы и приёмы анализа и постановки задач исследования наиболее актуальных проблем; методы планирования и проведения эксперимента Уметь: проводить анализ, самостоятельно ставить задачу исследования наиболее актуальных проблем, имеющих значение для механизации сельского хозяйства, планировать эксперимент и осуществлять его на практике Владеть: методами и приёмами анализа и постановки задач исследования наиболее актуальных проблем; методами планирования и проведения эксперимента
Р-12	Способность к проектной деятельности на основе системного подхода, умение строить и использовать модели для описания и прогнозирования различных явлений, осуществлять их качественный и количественный анализ	Знать: основы системного подхода, математические модели для описания и составления прогнозов различных явлений в агроинженерии, критерии оценки качества результатов научных исследований Уметь: рассчитывать оптимальные параметры технологических установок, средств контроля и управления технологическими процессами, использовать прикладные программы для расчета, проектирования и управления технологическими процессами в сельскохозяйственном производстве Владеть: навыками для определения параметров технологических процессов и качества продукции сельскохозяйственного производства, средствами контроля и управления, основами для сбора и анализа исходных данных для расчета и проектирования технологических установок с помощью прикладных инженерных программ.

1. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина базируется на знаниях, полученных в ходе освоения учебной программы по дисциплинам при обучении на уровнях высшего образования – бакалавриат, магистратура.

Данная дисциплина относится к вариативной части (дисциплины по выбору) блока 1 «Дисциплины» учебного плана подготовки аспирантов научной специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса.

Дисциплина изучается на 2 курсе очной формы обучения.

2. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 108 часов (3 зачетных единиц).

Вид учебной работы	Форма обучения
	очная
Аудиторные занятия (всего)	54
<i>В том числе:</i>	-
Лекционного типа	36
Практические занятия	18
Самостоятельная работа (всего)	54
<i>В том числе:</i>	-
Проработка материала лекций, подготовка к занятиям	27
Самостоятельное изучение тем	9
Реферат	18
Вид промежуточной аттестации:	зачет
Общая трудоемкость: часов	108
зачетных единиц	3

3. Содержание дисциплины

3.1. Содержание разделов дисциплины

	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1.	Общие вопросы теории моделирования	Понятие объекта и его модели. Классификация моделей. Понятие математической модели (ММ). Аксиоматическое и конструктивное определения ММ. Формы представления ММ. Классификация математических моделей, области их применения. Математические модели состояния объектов. Операнды. Отношения. Основные типы пространств, области их применения. Математические модели эволюции состояний, их классификация, свойства, области применения. Имитационные модели.
2.	Методика составления моделей	Основные этапы математического моделирования Пример составления математической модели состояния объекта Описание объекта моделирования. Идеализация объекта. Построение ММ. Исследование пространства состояний. Закономерности, действующие в области применения модели. Математическая формулировка этих

		закономерностей. Качественное исследование математических моделей. Применение современного ПО.
3.	Решение задач оптимизации	Структура оптимизационных задач Оптимизация задач при линейном программировании. Оптимизация задач при нелинейном программировании. Аппроксимация данных вычислительного и натурального экспериментов регрессионными зависимостями Представление результатов эксперимента (любого вычислительного или натурального) поверхностью отклика при оптимизации объектов исследования Статистическая обработка результатов эксперимента Анализ результатов эксперимента по регрессионным уравнениям
4.	Прикладные аспекты применения МКЭ (метода конечных элементов)	Использование твердотельных моделей элементов конструкций с/х машин. Применение САПР для построения моделей рабочих органов с/х техники. Моделирование напряженно-деформированного состояния элементов конструкций.
5.	Имитационное моделирование	Построение имитационных моделей сложных систем. Моделирование в гидро-газо динамике. Моделирование поведения сыпучих сред. Применение современного ПО.

3.2. Разделы дисциплины и виды занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции	Практич. занятия	СР	Всего Час.
1.	Общие вопросы теории моделирования	4	2	4	10
2.	Методика составления моделей	8	4	8	20
3.	Решение задач оптимизации	8	4	8	20
4.	Прикладные аспекты применения МКЭ (метода конечных элементов)	8	4	6	18
5.	Имитационное моделирование	8	4	10	22
6.	Индивидуальное задание (Реферат)			18	18
	Итого	36	18	54	108

3.3. Занятия практического типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тема	Трудоемкость (час)
			очная
1	2	3	4
1.	Раздел 1	Табличные формы представления математических моделей. Графические формы представления математических моделей.	2
2.	Раздел 2	Дифференциальные уравнения при моделировании процессов и систем. Численные методы.	4
3.	Раздел 3	Методы решения задач оптимизации. Многокритериальные задачи.	4

4.	Раздел 4	Твердотельное моделирование. Расчет напряженно-деформированного состояния МКЭ.	4
5.	Раздел 5	Моделирование гидравлических систем процессов. Моделирование сыпучих сред.	4
		Итого:	18

3.4. Примерная тематика курсовых проектов (работ)

не предусмотрено ОПОП.

4. Организация самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

4.1. Типы самостоятельной работы и её контроль

Тип самостоятельной работы	Форма обучения	Текущий контроль
	очная	
Проработка материала лекций, подготовка к занятиям	27	тестирование
Самостоятельное изучение тем	9	тестирование или собеседование
Реферат	18	защита
всего часов:	54	

4.2. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы:

1. Щурин, К. В. Планирование и организация эксперимента: учебное пособие / К. В. Щурин, Е. К. Волкова. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 336 с. — ISBN 978-5-8114-9875-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/230288> (дата обращения: 01.07.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4.3. Темы, выносимые на самостоятельное изучение:

Раздел №1

Использование статистической информации при моделировании. Статистические и теоретические модели процессов, выполняемых сельскохозяйственными машинами и оборудованием.

Раздел №2

Уравнение Лагранжа 2-го рода в исследовании динамических процессов

Раздел №3

Разработка функциональной схемы проектируемой машины.

Раздел №4

Методы оценки динамических свойств МКЭ.

5.3. Темы рефератов:

1. Компьютерная модель изделия.
2. Simulink, среда для имитационного моделирования
3. FluidSIM в моделировании гидравлических систем
4. Цифровой двойник изделия.
5. Метод-конечных элементов. Применение в инженерных расчётах.
6. Использование MATLAB в инженерных расчетах.
7. Моделирование поведения почв (грунта) при взаимодействии с рабочими органами машин.
8. Методы планирования эксперимента.
9. Визуализация в инженерных расчетах.
10. Оптимальное проектирование

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

6.1 Перечень результатов освоения дисциплины и оценочные средства

Код результата	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине	Наименование оценочного средства
Р-7	Знать: методы и приёмы активного планирования экспериментальных исследований Уметь: использовать способы и средства получения, хранения, переработки информации; анализировать результаты исследований. Владеть: методами, программными и техническими средствами совершенствования теории, технологии и технических средств механизации сельского хозяйства	Тест
Р-11	Знать: методы и приёмы анализа и постановки задач исследования наиболее актуальных проблем; методы планирования и проведения эксперимента Уметь: проводить анализ, самостоятельно ставить задачу исследования наиболее актуальных проблем, имеющих значение для механизации сельского хозяйства, планировать эксперимент и осуществлять его на практике Владеть: методами и приёмами анализа и постановки задач исследования наиболее актуальных проблем; методами планирования и проведения эксперимента	Тест
Р-12	Знать: основы системного подхода, математические модели для описания и составления прогнозов различных явлений в агроинженерии, критерии оценки качества результатов научных исследований Уметь: рассчитывать оптимальные параметры технологических установок, средств контроля и управления технологическими процессами, использовать прикладные программы для расчета, проектирования и управления технологическими процессами в сельскохозяйственном производстве Владеть: навыками для определения параметров технологических процессов и качества продукции сельскохозяйственного производства, средствами контроля и управления, основами для сбора и анализа исходных данных для расчета и проектирования технологических установок с помощью прикладных инженерных программ.	Тест

6.2. Шкала оценивания

Шкала оценивания тестирования на зачете

% выполнения задания	Результат
50 – 100	зачтено
менее 50	не зачтено

6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы:

Указаны в приложении 1.

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплин

а) основная литература:

1. Берестова, С. А. Математическое моделирование в инженерии : учебник / С. А. Берестова, Н. Е. Мисюра, Е. А. Митюшов. — Екатеринбург : УрФУ, 2018. — 244 с. — ISBN 978-5-7996-2499-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/170101> (дата обращения: 01.07.2023).
2. Храмешин, А. В. Моделирование в агроинженерии : учебное пособие / А. В. Храмешин. — Ижевск : Ижевская ГСХА, 2019. — 46 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/178015> (дата обращения: 01.07.2023).

б) дополнительная литература

1. Белякова, А. Ю. Имитационное моделирование : учебное пособие / А. Ю. Белякова. — Иркутск : Иркутский ГАУ, 2020. — 120 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/183493> (дата обращения: 01.07.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

<https://elibrary.ru/>; - научная электронная библиотека
<http://www.exponenta.ru/>; - образовательный математический сайт
<http://www.twirpx.com/files/special/forest/> (Электронная библиотека «Т»);
<http://www.e.lanbook.com> (Издательство «Лань»);
<http://www.iprbookshop.ru> (ЭБС «Iprbooks»).

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Карангин, В. П. Обработка экспериментальных данных: учебное пособие / В. П. Карангин, С. Ф. Елецкая. — Омск : ОмГТУ, 2018. — 48 с. — ISBN 978-5-8149-2603-6. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/149107> (дата обращения: 01.07.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

10. Перечень информационных технологий

1. Операционная система Windows,
2. Пакет прикладных программ MSOffice,
3. Mathcad Education - University Edition,
4. Компас 3D

11. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Компьютерный класс, оборудованный средствами мультимедиа и необходимыми программами для практических работ.

12. Особенности освоения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Обучение обучающихся с ограниченными возможностями здоровья при необходимости осуществляется на основе адаптированной рабочей программы с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся (обучающегося).

В целях освоения учебной программы дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья обеспечивается:

- для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению: размещение в доступных для обучающихся, являющихся слепыми или слабовидящими, местах и в адаптированной форме справочной информации о расписании учебных занятий; присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь; выпуск альтернативных форматов методических материалов (крупный шрифт или аудиофайлы), использование версии сайта для слабовидящих ЭБС IPR BOOKS и специального мобильного приложения IPR BOOKS WV-Reader (программы не визуального доступа к информации, предназначенной для мобильных устройств, работающих на операционной системе Android и iOS, которая не требует специально обученного ассистента, т.к. люди с ОВЗ по зрению работают со своим устройством привычным способом, используя специальные штатные программы для незрячих людей, с которыми IPR BOOKS WV-Reader имеет полную совместимость);
- для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху: надлежащими звуковыми средствами воспроизведение информации;
- для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата: возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, туалетные комнаты и другие помещения кафедры, а также пребывание в указанных помещениях.

Образование обучающихся с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах или в организациях.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО Государственный аграрный университет Северного Зауралья
Инженерно-технологический институт
Кафедра Технические системы в АПК

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Моделирование технологических процессов в агроинженерии

для группы научных специальностей 4.3. Агроинженерия и пищевые технологии

научная специальность 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса

Уровень высшего образования - подготовка кадров высшей квалификации

Разработчики:

Ставицкий А.В., доцент кафедры технических систем в АПК, к.т.н.

Устинов Н.Н. директор ИТИ, к.т.н.

Утверждено на заседании кафедры
протокол №5 от «17» февраля 2025г.

И.о. заведующего кафедрой _____ Ставицкий

**КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ И ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ОЦЕНКИ
знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы
формирования результатов в процессе освоения дисциплины
МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В АГРОИНЖЕНЕРИИ**

1. Вопросы к зачету

Наименование результата освоения	Вопросы
Р-7 Способность планировать и проводить эксперименты, обрабатывать и анализировать результаты	1. Аксиоматическое и конструктивное определения математической модели. 2. Способы представления математических моделей. 3. Система линейных алгебраических уравнений. Методика решения систем линейных алгебраических уравнений с помощью симплекс-таблиц. 4. Формализация составления дифференциальных уравнений отыскания экстремальных точек в случае задачи нелинейного программирования с двумя переменными. Алгоритм решения. 5. Математические модели состояния объектов. Операнды. Основные типы пространств существования объектов. Особенности их описания. 6. Метод множителей Лагранжа для решения задач нелинейного программирования на примере задачи с двумя переменными. 7. Системы линейных алгебраических уравнений. Способы задания. Матричное задание. Допустимые преобразования и методы решения. 8. Методика численного решения обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка. 9. Общая методика решения задач нелинейного программирования. Алгоритм решения. Недостатки. 10. Статистическая обработка результатов эксперимента при использовании полиномиального моделирования.
Р-11 Способность и умение применять знания современных методов исследований	11. Особенности задач нелинейного программирования. 12. Основные требования к алгоритмам задач моделирования 13. Эволюции состояний. Алгоритмы самоорганизации и самонастройки. 14. Сложные системы. Системный анализ, теория систем и системный подход. 15. Структура оптимизационных задач. 16. Целенаправленность элементов сложных систем. Функциональные свойства элементов систем. 17. Использование методики описания объектов полиномами второй степени при оптимизации исследуемых процессов. Понятие о «звездных» точках пространства независимых переменных. 18. Структура оптимизационных задач. 19. Особенность математического моделирования функционирования сложных систем. 20. Алгоритм действий исследователя при оптимизации многофакторных зависимостей методом крутого восхождения. 21. Метод множителей Лагранжа для решения задач нелинейного программирования на примере задачи с двумя переменными.
Р-12 Способность к проектной	22. Экспериментальные (натурные и вычислительные) планы многофакторного анализа.

деятельности на основе системного подхода, умение строить и использовать модели для описания и прогнозирования различных явлений, осуществлять их качественный и количественный анализ	23. Общая методика определения коэффициентов регрессионного 24. Уравнения и вычисления дисперсии. 25. Оценки коэффициентов регрессионного уравнения. 26. Регрессионные зависимости многофакторных исследований. 27. Планы многофакторного анализа и планы изучения поверхности отклика. 28. Представление результатов эксперимента поверхностью отклика при оптимизации многофакторных объектов исследования. 29. Условие оптимизации взаимодействия с.х. машины с обрабатываемым материалом в составе МТА в случае наличия упругой сцепки. 30. Использование композиционных планов при описании параметров оптимизации исследуемых процессов полиномами второй степени. 31. Условие оптимизации взаимодействия с.х. машины с обрабатываемым материалом в составе МТА в случае наличия упругой сцепки. 32. Составление математической модели взаимодействия с.х. машины с обрабатываемым материалом в составе МТА. 33. Принципиальная схема преобразования нагружения с.х. машины, машинно-тракторного агрегата.
---	---

Критерии оценки зачета

- «зачтено» выставляется студенту, если за тест набирает более 50 баллов;
- «не зачтено» выставляется студенту, если за тест набирает менее 50 баллов.

2. Вопросы для собеседования

1. Что такое технологический процесс.
2. Что такое моделирование технологического процесса.
3. Что такое оптимизационная модель.
4. Чем отличается динамическая модель от статической?.
5. В каких случаях применяется математическое описание на основе экспериментальных данных (эмпирическая модель)?
6. Перечислите методы составления математического описания объекта
7. Какие группы уравнений входят в состав математического описания технологического объекта?
8. Назовите основные стадии построения математической модели технологического объекта.
9. Математические модели идентификации объектов, их использование в задачах проектирования технологических процессов.
10. Роль моделирования в науке и технике.
11. Адекватность моделей.
12. Принципы построения моделей.
13. Какие виды уравнений бывают.
14. Метод Лагранжа.
15. Системный подход.
16. Сложные факторные планы.
17. Стохастическая модель.
18. Значение термина «регрессионная зависимость».
19. Факторы, влияющие на измеряемые результаты.
20. Что такое дисперсия.
21. Гипотеза о равенстве дисперсий.
22. Что такое интерполяция.

23. Оценка качества регрессионной модели
24. Формулы вычислений по критерию Фишера (Стьюдента).
25. Классификация прикладных программ для планирования эксперимента
26. Алгоритм планирования эксперимента.

Критерии оценки собеседования

- оценка «зачтено» выставляется обучающемуся, если в процессе собеседования он раскрывает по теме не менее чем $2/3$ информации, владеет основными терминами, а ответы на наводящие вопросы более чем удовлетворительны;
- оценка «не зачтено» выставляется обучающемуся, если в процессе собеседования он раскрывает тему не более чем на $1/3$, а ответы на дополнительные вопросы вводят в заблуждение.

3. Темы рефератов

1. Компьютерная модель изделия.
2. Simulink, среда для имитационного моделирования
3. FluidSIM в моделировании гидравлических систем
4. Цифровой двойник изделия.
5. Метод-конечных элементов. Применение в инженерных расчётах.
6. Использование MATLAB в инженерных расчетах.
7. Моделирование поведения почв (грунта) при взаимодействии с рабочими органами машин.
8. Методы планирования эксперимента.
9. Визуализация в инженерных расчетах.
10. Оптимальное проектирование.

Критерии оценки реферата

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если при защите реферата раскрыта тема, демонстрируется глубокое знание материала, с некоторыми неточностями в использовании специальной терминологии, с незначительными стилистическими ошибками в изложении материала, при наличии неточности в выводах по теме, и незначительными ошибками в оформлении;
- оценка «не зачтено» выставляется студенту, если при защите реферата тема не раскрыта, выявлено небрежное или неправильное оформление, а также реферат взят в готовом виде из базы сети Интернет.